

PLASMA EQUIPMENT AND MACHINE FOR SAMPLE TREATMENT

Patent number: JP6053152
Publication date: 1994-02-25
Inventor: CHOUAN YANNICK; LE CONTELLEC MICHEL; MORIN FRANCOIS; SAADA SERGE
Applicant: CENTRE NATL ETUD TELECOMMUN (PTT)
Classification:
- international: H01L21/205; C23C16/50; C23F4/00
- european:
Application number: JP19930130099 19930507
Priority number(s):

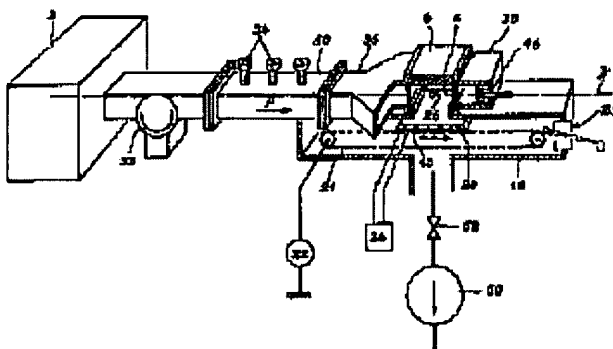
Also published as:

EP0569296 (A1)
US5328515 (A1)
FR2691035 (A1)

Abstract of JP6053152

PURPOSE: To enable surface treatment, deposition, and chemical etching of a thick or thin layer on a large sample surface, at a high speed by installing a specific chemical treatment plasma equipment, a machine and an equipment.

CONSTITUTION: Electromagnetic wave at a frequency of 2.45 GHz, which is generated from a high-frequency source 2 propagates, to a plasma equipment 4 in a propagation direction P. The plasma equipment 4 forms a hexahedron type plasma chamber 6, and has two sidewalls which are composed of dielectric and vertical to the propagation direction P. A rectangular aperture parallel to the dielectric walls connects the plasma equipment 4 with a treatment equipment 16, accommodating a sample holder 18, which moves in the propagation direction P. The surface of a sample 20 retained by the sample holder 18 moves parallel to the front of the aperture of the plasma chamber 6. The plasma equipment 4 has a pipe 26, which is installed parallel to the sidewalls, in order to inject a gas to be ionized into the plasma chamber 6. The gas injection pipe 26 is adjacent to the sample 20, and the height position is adjusted.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-53152

(43) 公開日 平成6年(1994)2月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205				
C 2 3 C 16/50		7325-4K		
C 2 3 F 4/00		D 8414-4K		

審査請求 未請求 請求項の数11(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-130099

(22) 出願日 平成5年(1993)5月7日

(31) 優先権主張番号 92-05629

(32) 優先日 1992年5月7日

(33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 592102102

フランス・テレコム・エタプリスマン・オ
ウトノム・デ・ドロワ・パブリック

FRANCE TELECOM ETAB
LISSEMENT AUTONOME
DE DROIT PUBLIC

フランス国 75015 パリ、プラス・ダル
レイ 6

(72) 発明者 ヤニク・シュアン

フランス国 22700 ローアンヌ、アレ・
デ・フゲル 1

(74) 代理人 弁理士 萩野 平 (外3名)

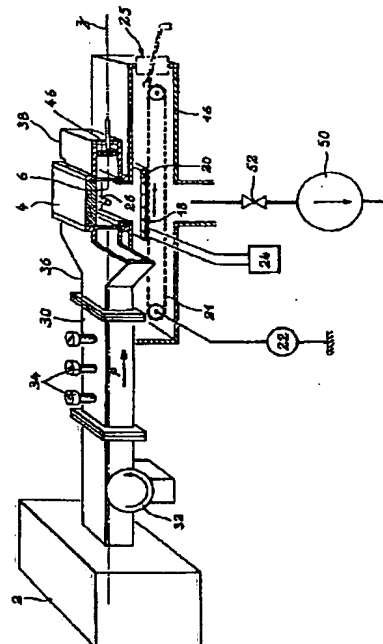
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サンプル処理用のプラズマ装置および機械

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 大きなサンプル表面上の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッチングを速い速度で処理出来る化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法を提供する。

【構成】 装置は高周波電磁波源2、ガス供給手段を備えたプラズマエンクロージャ4、真空ポンプ50、前記源2をプラズマエンクロージャ4に結合するための要素、非放射特性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形される前記プラズマエンクロージャ4、前記開口を經由して前記プラズマエンクロージャと連通する可動サンプルホルダ18を収容する処理エンクロージャ16を組み込んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供給手段を備えた密封プラズマエンクロージャ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージャに結合するための要素、前記プラズマエンクロージャをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホルダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージャが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、前記開口が前記プラズマエンクロージャおよび前記サンプルホルダがその中に収容される処理エンクロージャを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を経由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージャに結合しかつその矩形断面が前記プラズマエンクロージャに向かって前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージャの側に配置される第2矩形直線導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えていることを特徴とする化学処理プラズマ装置。

【請求項2】 前記ガス供給手段がその全長にわたりかつ前記プラズマエンクロージャに出る複数の孔を有する少なくとも1本の管からなり、該管が前記第1方向に対して平行に向けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項3】 前記ガス供給手段が第1方向にしたがつて向けられた2本の管を組み込んでおり、これらの管の孔が前記プラズマエンクロージャの中心に向かって向けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項4】 前記ガス供給手段が単一の管からなり、その孔が前記プラズマエンクロージャの中心に向かって向けられることを特徴とする請求項2に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項5】 前記1または複数の管が前記プラズマエンクロージャの矩形開口の近くに位置決めされることを特徴とする請求項2に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項6】 前記プラズマエンクロージャは前記第1方向にしたがつて方向付けされかつ前記プラズマエンクロージャおよび前記処理エンクロージャを接続する第3面に対して平行な、前記プラズマエンクロージャの第4面に形成される他の矩形開口を有しそして他の処理エンクロージャ内に配置された他のサンプルホルダが前記他方の開口に向かい合って位置決めされることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項7】 前記高周波電磁波源により放出された波長に適合させるための手段が前記第1導波管内に設けら

れることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項8】 絶縁回路が前記高周波電磁波源と前記第1導波管との間に設けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項9】 前記プラズマエンクロージャの前記第1および第2面がそれぞれ金属クリップの助けにより前記ホーンおよび前記第2導波管に取り付けられ、前記クリップでの密封が可撓性の金属Oリングにより保証されることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項10】 前記サンプルホルダを前記第1方向に移動するための手段が設けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項11】 互いに追従する請求項1による幾つかの装置を組み込んでおりかつ装置のサンプルホルダを収容するこれら種々の装置に共通の少なくとも1つの処理エンクロージャからなることを特徴とする幾つかのサンプルの化学的処理用の工業用プラズマ機械。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はサンプルの化学処理用プラズマ装置、1またはそれ以上のかかる装置を有する工業用機械および前記装置を使用する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 とくに、本装置はこれまで公知の堆積およびエッチング方法により得られる速度より少なくとも10または100倍速い速度で大きなサンプル表面の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッチングを許容する。

【0003】 本装置はとくに集積回路および半導体レーザの製造のマイクロエレクトロニクス分野、集積光学分野および光エネルギーの光電変換の太陽エネルギー分野に使用される。本発明がそれに適用する集積回路は、例えば、液晶平面スクリーンの制御回路である。

【0004】 一般に、本発明は厚いマイクロエレクトロニクス薄い層の堆積またはエッチング、ならびに層または基板の化学的洗浄を必要とするあらゆる工業分野に適用される。これらの層および基板は誘電体、金属または半導体にすることが可能である。

【0005】 現在、プラズマを使用する種々のエッチングおよび堆積装置型式がある。一般に、かかる装置は超高周波源、受信機または処理されるべきサンプルを支持するための支持体を収容する緊密封処理エンクロージャ、超高周波源を処理エンクロージャに結合するための要素、プラズマを形成するためのガス供給源および処理エンクロージャをポンピングするための手段を有する。

【0006】 幾つかの堆積およびエッチング装置はまた使用される種々のガスをイオン化するために超高周波と相互に作用する処理エッチング内に磁界を作るための手

段を有する。これらの装置は電子サイクロトロン共振 (ECR) 作用を使用する。かかる装置はより詳細には、1990年3月/4月の、J. Vac. Technol. (真空科学技術)、A8(2)、908~915頁のガイスラー等による「細長いマイクロウェーブサイクロトロン加熱プラズマ源」に記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明による装置は磁界かつそれゆえECR作用を使用しない。非ECR作用装置には、プラズマ支援化学気相成長装置および機械 (PECVD) がある。これらの機械は能動マトリクス平面スクリーンの製造のために開発されかつ一般に13.56MHzを使用する。

【0008】これらの機械は全体的なガスの分離の獲得を可能にしない低電子密度プラズマを使用する欠点をこゝむ。種々の堆積プラズマに向かう非分離ガスの拡散を回避するために、各プラズマは起こるべき堆積に供せられる真空室内に隔離される。各真空室は約 10^{-4} Paの真空の獲得を可能にしかつ通常ターボ分子型からなるポンピングユニットを備える。

【0009】これらの堆積機械は複雑な性質からなりかつ非常に高価 (1000ないし2000万フランスフラン) である。

【0010】さらに、かかる装置の複雑さは機械の利用可能時間を著しく低減する規則的な保守を伴う。最後に、これらの機械は一般には非常に大きくかつ無菌室型領域中に大きな表面積を取り、その結果それらの用途は制限される。

【0011】他の公知の非ECR作用装置はヨーロッパ特許第398,832号に記載されている。この処理装置はPECVD機械より厄介ではないが、さらに幾つかの欠点をこゝむ。とくに、その構造が複雑であり、その結果その製造コストが高い。そのうえ、とくにプラズマ形成ガス噴射モードにより、均一な方法において大きな表面 (1 dm²) 上へのエッチングまたは堆積作用を得ることを可能にしない。

【0012】本発明は上記欠点を除去する新規な化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法に関する。とくに本発明は約1 m²の表面にわたって薄い層またはフィルムの化学方法においてかつ現在まで使用される速度より10~100倍速い速度での均一な堆積およびエッチングを許容する。

【0013】さらに、前記装置は前に言及されたECR作用なしのプラズマ装置より非常に簡単でかつそれゆえ余り高価ではない。本装置は光学およびエレクトロニクス分野の両方において集積回路の低コストでの大量生産を許容する。

【0014】

【課題を解決するための手段】より詳細には、本発明は、高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供

給手段を備えた密封プラズマエンクロージャ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージャに結合するための要素、前記プラズマエンクロージャをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホルダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージャが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、前記開口が前記プラズマエンクロージャおよび前記サンプルホルダがその中に収容される処理エンクロージャを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を經由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージャに結合しかつその矩形断面が前記プラズマエンクロージャに向かって前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージャの側に配置される第2矩形直線導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えていることを特徴とする化学処理プラズマ装置に関する。

【0015】前記で言及された利点に加えて、ECR作用なしで高堆積速度を得ることを可能にし、プラズマを形成するのに使用される分子ガスをすべて分離することができると高電子密度プラズマを作る。使用される周波数は一般には100 MHzないし10 GHzの間でありそして使用される超高周波出力は数キロワットに及ぶことが可能である。

【0016】本発明による装置または反応炉により供給されるプラズマは非常に安定している。そのうえ、本発明による装置はカスケード形状における幾つかのサンプルの処理を可能にする。この場合に機械的手段が第2方向に対して平行なプラズマエンクロージャの矩形開口の前方に処理されるべきサンプルを連続して供給するために設けられる。

【0017】本発明による装置は、また、幾つかのサンプルの同時処理を許容する。とくに同一ガスプラズマを同時に使用する2つのサンプルを処理することができる。このためにプラズマエンクロージャは第1方向に方向付けられかつプラズマエンクロージャおよび処理エンクロージャを接続する第3面に対して平行であるプラズマエンクロージャの第4面に形成される他の矩形開口を有しそして他の処理エンクロージャ内に配置される他のサンプルホルダは前記他の開口の前方に配置される。

【0018】好都合には、第2導波管の短い回路はエンクロージャからその外部に向かうどのような電磁放射も除去するプラズマエンクロージャの結合の確立を可能にするピストン型からなる。すべてのマイクロ波エネルギーはかくしてプラズマエンクロージャ内に維持される。この結合を改善するために、第1導波管を貫通するインピ

ーダンス調整または整合ネジを使用することができる。

【0019】均一な処理、例えば、大きな表面積にわたって均一な堆積またはエッチングを得るために、ガス供給手段はその全長にわたって開口を有しかつプラズマエングロー ज्याに出る少なくとも1本の管により構成されるのが好ましく、前記1またはそれ以上の管は第1方向に対して平行に方向付けられる。とくに、前記1またはそれ以上の管はプラズマエングロー ज्याの矩形開口の近くに配置される。

【0020】考えられる用途の結果として、処理装置は1または複数のサンプルホルダを加熱するための手段、サンプルホルダを冷却するための手段および/またはサンプルホルダに極性を与えるための手段からなることが可能である。

【0021】本発明による工業用装置は従来の装置に比べて小さい寸法(長さ<1m)を有し、その結果これまではかかる装置を備えることができなかった制限された領域において使用可能である。

【0022】本発明による装置は基板上への厚いまたは薄い層の化学的堆積に使用できかつ堆積された層は>10μmの厚さを持ち得る。この場合に、基板はサンプルホルダ上の処理エングロー ज्या内に置かれそしてプラズマエングロー ज्या内に製造された、堆積されるべき層の先駆プラズマに露出される。

【0023】また、材料の化学エッチングを実施することができる。この場合に、エッチングされるべき材料はサンプルホルダ上の処理エングロー ज्या内に置かれかつエッチングされるべき材料に特有の化学エッチングプラズマに露出される。

【0024】各処理間の、前記で言及された利点に加えて、本発明による装置はその洗浄を許容する。

【0025】フィルム製造ラインにおいて、現在、プラズマおよび堆積エングロー ज्याを洗浄するのに要求される時間は機械使用時間の10~20%を示すかも知れないことが認められる。この洗浄は一般にはすべての「金属化部品」を機械的にブラッシングすることにより行われる。

【0026】それゆえ、機械を取り外すことなくかかる洗浄を実施するのに適切であるが、処理装置内に適宜なプラズマを作りながらエングロー ज्याの壁が露出されるまでこれらを被覆する堆積物を化学的にエッチングすることを可能にする。原理は実際に知られておりかつ幾つかの13.56MHzのPECVDプラズマ反応炉製造業者により使用されている。例えば、ネクストラルのND400装置が参照される。

【0027】本発明による装置において、2.45GHzに励起される希ガスおよびハロゲン化物プラズマによりかかる洗浄を好都合に実施することができる。

【0028】各堆積の後、それゆえ反応炉洗浄プラズマを発生することができる。このプラズマはまた、反応

炉使用効率を増加しながら、反応炉の特定の汚染を著しく低減する作用を有する。

【0029】1または複数本の孔明き管のプラズマエングロー ज्या内の相対的な位置は調整可能である。とくに、指摘されることは、基板上のプラズマの作用の均一性はガスをプラズマエングロー ज्याへ注入するための管の位置により、しかもまたその形状により著しく左右されるということである。

【0030】形状もまたプラズマエングロー ज्याへガスを注入するための管の位置も前記エングロー ज्याの電磁結合品質に影響を及ぼさない。実際に、プラズマ中に発生される種類の拡散長さはプラズマエングロー ज्याへのガスの注入モードに感応し易い。これは作用効率およびプラズマリボンまたはバーの均一性を変化することとなる。

【0031】本発明による装置はフィルムの堆積およびエッチングの非常に効率の良い製造のために工業用機械において好都合に使用され得る。

【0032】本発明はまた本発明による1またはそれ以上の装置を有する工業用機械に関する。とくに、前記工業用機械は同一時間、同一圧力で運転する同一の真空または処理室を備えることが可能で、しかも各々処理されるべき材料の性質に対応するガスで供給され、各装置のサンプルホルダは前記共通の真空室内に配置される。

【0033】以下に、本発明を非限定的な実施例および添付図面を参照してより詳細に説明する。

【0034】

【実施例】図1および図2に関連して、次に本発明による処理装置を第1実施例において説明する。

【0035】本装置は実際にはプラズマエングロー ज्या4に結合された高周波電磁波源2を組み込んでいるプラズマ反応炉である。該電磁波源2は100MHzないし10GHzの範囲において選ばれた工業用周波数(例えば、433MHz, 915MHz, 2.45GHz, 5.8GHz, 24GHz)で2KWまでの出力を供給する。とくに使用される周波数は最も普通使用される周波数として、最低コストを示すものである2.45GHzである。

【0036】前記電磁波源からの電磁波はNが奇数である型TE₁₀の横方向電気モードにしたがつて伝播する。伝播方向P→(→はPの上にあるものとする)は反応炉の長手方向軸線に対して平行である。この領域の電気成分E→(→はEの上にあるものとする)は図2の断面に対して平行に向けられた方向において方向P→に対して垂直に方向付けられる。電磁波の磁界H→(→はHの上にあるものとする)は互いに垂直でかつ方向P→に対して平行なH_z→(→はHの上にあるものとする)により電界の方向に対して垂直な平面に置かれる2つの成分H_x→(→はHの上にあるものとする)およびH_y→を有する。とくに、電磁波は基本モードTE₁₀にした

がつて伝播する。

【0037】プラズマエンクロージャ4は矩形平行六面体のごとく成形されたプラズマ室6を画成する。プラズマエンクロージャ4は磁界の成分 $H_x \rightarrow$ の方向に対して平行な(伝播方向に対して垂直な)かつシリカのごとき低誘電体損失を有する材料から作られる2つの側壁8, 10を有する。プラズマエンクロージャ4の他の壁は金属、とくにアルミニウムから作られる。

【0038】誘電体壁8および10に対して垂直な、プラズマエンクロージャの下壁12は、その大きな側辺が誘電体壁8および10に対して平行である矩形開口14を有し、該開口はプラズマエンクロージャ4をサンプルホルダ18を収容する処理エンクロージャ16と接続する。サンプルホルダ18は電磁波伝播方向 $P \rightarrow$ に動き、その結果サンプルホルダ18により支持される処理されるべきサンプル20の表面がプラズマエンクロージャの開口14の前方にかつ平行に動く。サンプルホルダ18の移動装置は、マイクロエレクトロニクスにおいて通常使用されるコンベヤ、例えば、表示ZW800(図3参照)によりレイボールドにより販売されるコンベヤのようなコンベヤ型からなることができる。

【0039】この公知のサンプルホルダ18はコンベヤ21に接続された電圧源22の助けにより極性が与えられ得る。同一方法において、サンプルホルダは電圧源24により電流で供給される電気抵抗型の装置の助けにより加熱されることができ、または流体循環装置の助けにより冷却されることができる。サンプルホルダ用加熱または冷却装置の配置は従来技術による。

【0040】処理エンクロージャ16への処理されるべきサンプル20の導入のために、処理エンクロージャは導入ロツク型の公知の装置25をその端部の一方に備えている。

【0041】図2に示したプラズマエンクロージャ4はプラズマ室6へイオン化されるべきガスの注入のために壁8および10に対して平行に方向付けられた管26を有する。この管26は、プラズマエンクロージャの開口14に向かってかつそれゆえ処理エンクロージャ16に向かって方向付けられた、母線の一方に沿って形成された孔28を有する。

【0042】この管26は小さい断面の金属(代表的には 10mm^2)から作られかつ孔28は異なる直径からなる。壁8および10に対するその長手方向位置が固定される。しかしながら、開口14に対するその高さ位置は調整可能である。管26の高さ位置を調整するための機械的手段はそれゆえ反応炉の外に設けられかつ図示されない。

【0043】かくして、ガス注入管をサンプル20に非常に近接して、例えば20mm以下の距離に近接して動かすことができ、したがって処理されるべきサンプル上の厚いまたは薄いフィルムまたは層の均一な堆積または

前記サンプルのエッチングを許容する。

【0044】従来技術の装置およびとくにヨーロッパ特許第398, 832号の装置は処理されるべきサンプルに近接するようにプラズマ先駆ガスの注入かつそれゆえ大きな寸法(1m^2 より大きいまたはほぼ等しい)を超える均一な堆積またはエッチングを許容する。

【0045】プラズマエンクロージャ4を超高周波源2に結合するための要素は、反応炉内に作られた超高周波数の反射に対して超高周波数源2を保護するサーキュレータアイソレータ(循環器-断路器)32によつて超高周波源2に結合される、波の伝播方向 $P \rightarrow$ に方向付けられる矩形断面を有する第1直線導波管30を組み込んでいる(図1)。このアイソレータは装置の十分な作動に欠くことができないものではない。

【0046】第1導波管30は、例えば3本の適合ネジ34を備えており、該ネジは導波管を貫通しかつプラズマエンクロージャ4に向かって波の良好な伝送効率を得るために反応炉のインピーダンスの適合または整合を可能にする。

【0047】プラズマエンクロージャ4の導波管30の結合はホーン36によつて行われ、該ホーンの断面はそれがプラズマエンクロージャ4の側壁8, 10の矩形断面に等しい矩形断面に達するまで伝播方向 $P \rightarrow$ に対して垂直な(または方向 $H_x \rightarrow$ に対して平行な)方向にしたがつて漸進的に広がる。

【0048】ホーンおよびプラズマエンクロージャ4の結合は誘電体壁8を経由して行われる。反対側には、第2直線導波管38があり、該導波管の断面はそれに向かい合うプラズマエンクロージャ4の壁の断面に等しい。プラズマエンクロージャ4と第2導波管38との間の結合は誘電体壁10を経由して確保される。

【0049】誘電体壁8および10はそれぞれプラズマエンクロージャの上壁および下壁42, 12に、ホーン36にかつ導波管38に集積されたクリップ装置40により固定される。

【0050】プラズマ室6の真空密封は例えばアルミニウムからなる可撓性の金属O-リング44により確保される。

【0051】端末導波管38は電磁波短い回路接続にありかつ好都合には波伝播方向 $P \rightarrow$ に動くことができるピストン46からなる。ピストンの移動装置(図示せず)は油圧または空気型からなつても良い。

【0052】貫通ネジ34およびピストン46の位置の調整は非放射のプラズマエンクロージャの結合の確立を可能にし、したがってエンクロージャから外部へのどのような電磁放射も除去する。

【0053】可撓性金属O-リング44およびピストン46はエンクロージャから外部へのどのような電磁放射に対しても有効である短い回路として役立つ。したがって電磁出力はプラズマエンクロージャ内に保持されかつ

それゆえプラズマ形成の目的に使用される。

【0054】ホーン36の内壁はU形状の凹部48を有し、該凹部の分岐部分は磁界 $H \rightarrow$ の方向に対して平行で、電界の位相についてのエラーの補正を可能にする。

【0055】例えば、これらの凹部48は深さ $\lambda/4$ および高さ $\lambda/10$ を有する。それらはプラズマエンクロージャ内の非常に均一な電磁エネルギー密度の供給を可能にする。

【0056】導波管、ホーンおよびプラズマエンクロージャの寸法は使用される波の周波数の関数である。2.45 GHzの周波数に関して言えば、波長は12.2 cmである。

【0057】完全な装置は比較的限定された長さを有しかつすべての場合に1m以下である。

【0058】プラズマエンクロージャ4に関して、アイソレータ32、導波管30およびホーン36の組立てはクリップ装置により確保される。

【0059】前述された反応炉はプラズマの発生を可能にしかつ処理エンクロージャ16に向けられた、開口14によつて、ラインまたはバーの形のプラズマの発生を可能にする。処理エンクロージャ16はポンピング装置50に接続された真空エンクロージャである。真空エンクロージャ16とポンピング装置50との間に挿入された層流弁52はポンピングユニットとプラズマ反応炉との間の可変コンダクタンスの発生を可能にする。それはポンピングユニット50の最適ポンピング速度を維持しながら、プラズマエンクロージャ内のプラズマの圧力の調整を可能にする。

【0060】図1および図2の反応炉の作動範囲は反応炉が63 Mhの1次ポンプおよび700 l/sのオイル噴霧ポンプにより構成される真空ユニットに接続されるとき得られる範囲である。この場合に、プラズマ室6および処理エンクロージャ16の内部容量はそれぞれ2 lおよび30 lに近い。

【0061】本発明による処理装置によれば、図3に示されるように、1つのサンプルに代えて同一のプラズマエンクロージャにより2つのサンプルの同時処理を可能にする。この場合に、プラズマエンクロージャ4aは互いに向かい合いかつ誘電体壁8、10に対して垂直にかつ電界 $E \rightarrow$ にしたがつて方向付けられる2つの矩形横方向開口14a、14bを有する。

【0062】これらの横方向開口14a、14bの各々に向かい合つて、電磁波の伝播方向 $P \rightarrow$ に動いているサンプルホルダ18a、18bがある。

【0063】この場合に、プラズマエンクロージャ4aは2つのグループのガス注入管を有し、第1グループ26aは開口14aに向かい合つて位置決めされそして第2グループ26bは開口14bに向かい合つて位置決めされる。

【0064】図3に示した実施例において、各サンプル

に2本の注入管が使用される。しかしながら、図1に示したように、各サンプルに単一の注入管の使用も可能である。逆に、図1による装置において2本のガス注入管の使用も可能である。サンプル当たり2本のガス注入管が使用される場合には、前記管内の孔28はもはや処理されるべきサンプルに向けて方向付けされないが、代わりにプラズマエンクロージャ4aの中心に方向付けされる。言い換えれば、同一対の管の孔28は互いに向かい合う。

【0065】図3はサンプルホルダ18bの移動装置21をより詳細に示す。

【0066】プラズマエンクロージャ4aの両側に2つのサンプルを使用するとき、図1におけるように単一の処理エンクロージャが使用されず、しかもプラズマエンクロージャ4aの両側に2つの処理エンクロージャ16a、16bが使用される。これは幾つかのサンプルの同時処理を許容する工業機械を示す図4に明瞭に示される。とくに、図4に示した機械はフランス特許第2,533,072号に記載された方法による平面スクリーンのアレイを製造するためにとくに開発された工業機械である。

【0067】この場合に、処理機械はそれぞれ垂直に位置決めされた、可動サンプルホルダ18a、18b上で2つのサンプルの処理を可能にする直線方法において配置された3つの反応炉52、54、56を有する。反応炉52、54および56は2つのサンプル上に種々の層を連続して堆積するように種々のガスにより供給される。

【0068】例えば、ガラス基板上に n^+ ドーピングされた水素化アモルファスシリコン層($a-Si:H$)、次いでドーピングされないかまたは本質的な $a-Si:H$ 層および最後に Si_3N_4 層の連続堆積を可能にする。この場合に、反応炉52の管26cは SiH_4 、および PH_3 で供給され、反応炉54の管26dは SiH_4 で供給されそして反応炉56の管26eは $SiH_4 + N_2H_4$ で供給される。

【0069】図4はプラズマエンクロージャの平面図である。各反応炉に関して超高周波源、マイクロ波アイソレータ、ホーンおよびその一方が対応する源との各プラズマエンクロージャの結合を確保するためにピストンを備える導波管があることは明らかである。

【0070】超高周波源と要素を結合するためのプラズマ室および要素はすべて機械軸線zにしたがつて一直線に整列される。超高周波源は機械の長手方向寸法を減少するために屈曲ガイドにより直線ガイドの下に位置決めされかつそれに接続されることができる。

【0071】 $a-Si:H$ および Si_3N_4 層の堆積に関して、ガスの分離は主として原子または分子室および水素の形成に至る。アモルファスシリコンの堆積用の反応炉52、54に向かいかつ前記堆積の品質の劣化に

至るかも知れない窒素のどのようなバツクスキャツタリングも回避するために、処理エンクロージャ16a、16bのポンピング装置の接続はシリコン窒化物堆積反応炉56で行われる。

【0072】それゆえ、各処理エンクロージャ16a、16bは処理エンクロージャの両側で真空ポンプ50a、50bに接続される。

【0073】ポンピングユニットは例えばサンプルホルダ18a、18bの移動方向における大きなガス流を吸収することができるルーツ型からなる。明らかなようにエンクロージャ16a、16bに接続される完全に対称な導管に接続される1つのポンプのみの使用も可能である。

【0074】図4に示した機械はコンパクトでありかつサンプルホルダ上のサンプルの荷電、ならびに処理エンクロージャ内のそれらの配置前のサンプルの加熱を可能にする標準モジュールに接続され得る。

【0075】この機械は、従来技術におけるより10ないし100倍速い種々の層またはフィルムの堆積およびエッチング速度で、大きな寸法、代表的には1m²の平面スクリーンの能動マトリクスの製造を可能にする。

【0076】図1ないし図4に関連して説明された反応炉および機械は厚いマトリクス薄い層の堆積および層のエッチングの両方に使用され得る。プラズマの形成に使用されるガスの性質はしたがって実施されるべき処理の型に依存する。

【0077】広い圧力および流量範囲において、プラズマはアルゴンおよびヘリウムのごとき中性ガスにより得*

	10 ¹¹ ~ 10 ¹³	10 ⁹ ~ 10 ¹¹	10 ⁸ ~ 10 ⁹
ne	10 ¹¹ ~ 10 ¹³	10 ⁹ ~ 10 ¹¹	10 ⁸ ~ 10 ⁹

【0082】本発明による反応炉により得られた非常に高い電子密度は、分子ガスの場合において、高い分離量に至る。残留ガス分析器(AGR)測定はシラン(SiH₄)プラズマに関してプラズマエンクロージャに注入されたガスがすべて分離されることを示す。

【0083】かかるプラズマについて記録されたスペクトルは図5および図6に示され、原子質量単位の関数として放出ピークAの密度を表す。図5はシランがプラズマを起こす前にプラズマエンクロージャ内に導入されるとき実施される記録に対応する。

【0084】SiH_n基(n=0~4による)に対応する原子質量ピーク28-29-30-31-32はAGRイオン化室に導入されるものである。このスペクトルはしたがって測定カスケードの基準スペクトルに対応する。

【0085】図6はプラズマを起こす前に記録されたスペクトルに対応する。以前に測定されたピークはAGR測定カスケードの最大感度で1つも検出し得ない。

【0086】それゆえ結論付けされ得ることは、型SiH₄ + e → Si + 4H + eの分離メカニズムによ

*られるが、またSiH₄、PH₃、N₂、H₂、SF₆、NH₃、O₂等のごときマイクロエレクトロニクスにおいて通常使用される純粋なガスにより得られる。空気プラズマはまた同一圧力および流量範囲において発生され得る。

【0078】使用されるガス流は10ないし100cm³/分の間である。非常に高い流量の使用は1またはそれ以上の真空ユニットのポンピング容量を増加することによりかつとくにルーツ型ポンピング装置を使用することにより考えられ得る。とくに、500cm³/分の量が考えられることができる。

【0079】安定なプラズマは本発明による反応炉および機械により1ないし30Paの間の圧力範囲において考えられ得る。この圧力範囲はまた使用されるポンピングユニットの関数である。

【0080】これらのガス流および圧力条件下で、各プラズマ反応炉内のガス状種類の滞留時間は0.1ないし60秒の間である。100cm²の断面を有する結合ホーンに接続された図1によるプラズマエンクロージャに関して、プラズマの電子密度は10¹¹ないし10¹³電子/cm²の間のラングミュアプローブ測定により評価された。

【0081】この電子密度はECR励起モードおよびPECVD-型プラズマを使用するプラズマにおいて得られる電子密度と比較されるべきである。以下の表は種々のプラズマにおいて得られた電子密度(ne)を示す。表において、本発明によるプラズマは横方向導波管マイクロ波プラズマに関してTWMPで示される。

	10 ¹¹ ~ 10 ¹³	10 ⁹ ~ 10 ¹¹	10 ⁸ ~ 10 ⁹
ne	10 ¹¹ ~ 10 ¹³	10 ⁹ ~ 10 ¹¹	10 ⁸ ~ 10 ⁹

り、すべてのシラン分子が分離されかつこのようにして発生されたすべての原子シリコンが反応炉の基板および壁面に堆積されるということである。

【0087】非常に高い分離量の結果の1つはプラズマの起動の間中急激な圧力降下を引き起こすことである。例えば、シランに関して、プラズマ起動前後の圧力は事実上2の割合にある。

【0088】プラズマエンクロージャの内部に固定されたガス注入装置および該装置からの基板10に関して、観察された堆積速度はほぼ2ないし6nm/秒である。

【0089】より詳しくは、a-Si:HおよびSi₃N₄フィルムに関して得られた堆積速度はほぼ3~4nm/秒、すなわち他の堆積方法により得られた速度より良好な大きさの程度である。

【0090】本発明による反応炉において、堆積速度は注入されたガスの流量によりかつ注入装置と基板との間の間隔によりかなり影響を及ぼされる。

【0091】したがって、本発明はこの反応炉において分子ガスの分離量が100%であることを示した。それゆえ、基板での堆積速度はプラズマの電子密度の傾斜に

より決して影響を及ぼされずかつプラズマ中に発生される種類の結果のみである。

【0092】基板と注入装置との間の間隔が4cmに減少されるならば、その場合に同一のガス流量に関して、堆積速度は6~18nm/秒の間である。

【0093】本発明者等はまた例えばa-Si:HまたはSi₃N₄のごとき薄いフィルムまたは感光性樹脂フィルム上で高いエッチング速度を得る可能性を示した。純粋な酸素プラズマ(O₂)の作用下で、1.3μmの厚さの感光性樹脂フィルムが2分以下で全体的にエッチングされる。

【0094】基板に極性が無いことにより、得られる樹脂エッチング速度は結果として10nm/秒でかつ従来のエッチング装置により得られた速度より高い。

【0095】さらに、本発明による装置は層またはフィルムの各エッチングまたは堆積後、処理反応炉または機械のプラズマ洗浄を可能にする。かくして、Ar/SF₆プラズマは堆積に関して得られたエッチング速度に少なくとも等しい壁に堆積されたフィルムに関するエッチング速度の獲得を可能にする。

【0096】本発明による反応炉を使用すると、3つの堆積の型が得られかつ液晶平面スクリーン用能動マトリクス薄膜トランジスタを製造するために特徴付けられる。これらのマトリクスはシリコン窒化物、内在的にドーピングされない、水素化アモルファスシリコンおよびn⁺ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンである。

【0097】これらの材料の主要特性は以下で説明される。

【0098】例1：シリコン窒化物の堆積
薄いシリコン窒化物の堆積がSiH₄およびNH₃の混合物の分解により得られる。

【0099】高品質材料の獲得を可能にする実験条件は2ないし20Paの圧力、1.5:2.5のNH₃/SiH₄流量比、および100ないし230°Cの温度である。

【0100】シリコン窒化物がトランジスタゲート絶縁体として使用されるとき、それは良好な誘電体特性を持たねばならない。とくに、強力な電界下での材料の漏洩電流はできるだけ低くしなければならない。

【0101】図7は研究されたサンプルの構造を示す。該サンプルは導体基板として使用されかつアルミニウム電極60で被覆される変質された単結晶シリコンウエーハ52上に堆積されたシリコン窒化物フィルム58を有する。シリコン窒化物フィルムは厚さ180nmでかつアルミニウムフィルムは厚さ200nmである。アルミニウムの表面は0.3mm²である。

【0102】図7の構造を製造するのに使用されるシリコン窒化物の堆積条件は圧力2.4Pa、30cm³/分のSiH₄流量、50cm³/分のNH₃流量、80

0Wの出力、200°Cの温度、および1.5nm/秒の堆積速度である。

【0103】図7の構造を試験するのに使用される電気回路は図8に示されそしてその端子が測定されるべき構造を示すコンデンサCにかつ直列接続抵抗器rに接続される交流電源61を有する。抵抗器rの端子での電圧(v)の測定は回路を通して流れる電流Iの検出を可能にする。

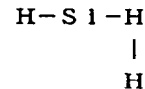
【0104】得られた電流-電圧特性は図9に示す。図9は電圧(ボルト)の関数として強さ(アンペア)の変化を示す。この特性は強い電界(3MV/cm)においても同様に非常に高い抵抗率(ρ>10¹⁴オーム/cm)およびそれゆえ良好な絶縁特性を示す、容量成分(Si₃N₄コンデンサの充電電流)のみを表す。

【0105】実施された特性は本発明による高周波プラズマにより堆積されたSi₃N₄の物理化学特性がPECVD堆積フィルムに関して得られた特性と同一の性質からなる。

【0106】例2：ドーピングされない、水素化されたアモルファスシリコンの堆積

a-Si:H水素化アモルファスシリコンの厚いまたは薄いフィルムの堆積は2~20Paの圧力および100~230°Cの温度により純粋なシランプラズマの助けにより得られる。これらのフィルムは、考えられた用途の結果として、50nmないし20μmの厚さを有することができる。

【0107】専門化はこの材料の半導体特性が原子水素濃度が8ないし10%に近いとき最適化されることを理解する。この水素は、他の考え得る結合H-Si-Hおよび



の損傷に対して、主としてSi-H結合の形においてシリコンと接続されねばならない。

【0108】赤外線振動分光測定は最も速くかつ微視的物理学尺度についてのかかる研究に最適な方法である。

【0109】図10はNが波の数を示す1900~2300cm⁻¹においてa-Si:Hフィルムのトランスミッタンス(T%)を示す。図10は、その最大周波数がSi-H結合に対応する2000cm⁻¹に近接する主要帯域を見ることができる。

【0110】この主要帯域の外観の精密な研究は2100cm⁻¹に近い肩部を示す。この肩部はH-Si-H結合に対応する低い強さの帯域に帰される。

【0111】構造の全体表面を基礎にしてケイ酸された水素濃度は7%である。それゆえ本発明により堆積される材料はPECVDにおいて決定される水素濃度に等しい水素濃度を有する。

【0112】この迅速な特徴は堆積される材料が良好な

半導体であることの確認を可能にする。これは製造されるトランジスタの電気特性の測定によりかつこれらのトランジスタの作動をシミュレートする分析モデルを基礎にして担体の有効移動度のケイ酸により確認される。

【0113】例3：ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンの堆積

堆積はヘリウム中で5%に希釈されたシランおよびホスファインの混合物から行われた ($\text{He}-5\% \text{PH}_3$)。

【0114】実験条件は圧力2~20 Paおよび温度100ないし230°Cである。

【0115】測定されたフィルムの横方向の導電率 (または表面) は 10^{-4} および $2 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ の間である。PECVDにおいて得られる値と比較し得るこれらの値はソースおよびドレインのインジウムおよびスズ酸化物 (ITO) と a-Si:H との間の抵抗接点の製造を可能にする。

【0116】例4および5

2つの薄膜トランジスタ構造が製造され一方は底部においてゲートと積層され (図11参照) および第2は頂部においてゲートと積層される (図13参照)。これらのトランジスタの (ID) - (VD) 特性がまたそれぞれ図12および図14に示される。

【0117】電流IDはマイクロアンペアでかつドレイン-ソース電圧VDはボルトで示されるゲート電圧VGは各曲線に対応する。

【0118】図11のトランジスタは200 nmの厚さのアルミニウム、金属ゲート72がその上に形成されるガラス基板70を有する。金属ゲートは300 nmの厚さのシリコン窒化物ゲート絶縁体74で被覆される。次いで100 nmの厚さの厚い、水素化アモルファスシリコンフィルム76および50 nmの厚さの、 n^+ ドーピングされた水素化アモルファスシリコンフィルム77がありその上にソース78およびドレイン80が200 nmの厚さを有するインジウムおよびスズ酸化物フィルムにおいて形成される。チャネルは長さ40 μm および幅10 μm を有する。

【0119】図13のトランジスタはまた n^+ ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンフィルム77で被覆されるITOソースおよびドレイン接点78および80が直接その上に形成されるガラス基板70を有する。これに水素化アモルファスシリコンフィルム76、次いでゲート絶縁体74および最後に金属ゲート72が続く。フィルム78、77、76、74および72の厚さは前述と同一であり、一方チャネルは幅40 μm および長さ10 μm を有する。

【0120】頂部にゲートを備えたトランジスタはフランス特許第2, 533, 072号にしたがつて製造される。

【0121】堆積された種々のトランジスタフィルム、ならびにこれらのトランジスタの寸法を画成するための

それらのエッチングは本発明したがつて反応炉により行われた。

【0122】これらのトランジスタのチャネル内の電子の有効移動度は前記トランジスタの分析作動モデルに基礎を置いたパラメータ抽出法により計算された。

【0123】底部にゲートを備えたトランジスタの場合において、移動度は $0.5 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ である。

【0124】比較のために、かかる構造に関する従来の値は代表的には $0.3 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ である。

10 【0125】ここで示される結果は明らかに改善されることができかつ最適製造条件が達成されるとき、より高い移動度値が得られるようになり評価することが可能である。ここで示された結果はほぼ1ないし10 Paの圧力で堆積されたフィルムにより得られた結果である。

【0126】しかしながら、本発明者等はより高い圧力、すなわち、20ないし50 Paの間の圧力で堆積されたフィルムが求められる物理化学特性を保持することに注目した。したがって、高い圧力で作業できるという事実のために、高いガス流量を許容する反応炉の真空ポンピング装置を使用することにより、ほぼ10ないし20 nm/秒の非常に高い堆積速度を得ることを考慮できることは即座に明らかである。

【0127】図12および図14における曲線は従来のPECVD反応炉により得られた曲線に匹敵する。

【0128】本発明による装置を使用すると、光エネルギー変換装置 (または太陽電池) を得るために、ガラス基板 (とくにソーダ石灰ガラス) 上に、とくに a-Si:H の $10 \mu\text{m}$ 991 大きいまたはほぼ等しい厚さのフィルムを堆積可能である。

30 【0129】

【発明の効果】叙上のごとく、本発明は、高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供給手段を備えた密封プラズマエンクロージャ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージャに結合するための要素、前記プラズマエンクロージャをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホルダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージャが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、前記開口が前記プラズマエンクロージャおよび前記サンプルホルダがその中に収容される処理エンクロージャを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を経由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージャに結合しかつその矩形断面が前記プラズマエンクロージャに向かつて前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージャの側に配置される第2矩形直線

導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えている構成としたので、これまで公知の堆積およびエッチング方法により得られる速度より少なくとも10または100倍速い速度で大きなサンプル表面上の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッチングを許容する新規な化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラズマ装置を示す部分断面概略斜視図である。

【図2】プラズマ装置の真空エンクロージャおよびホーンを長手方向断面斜視図で示す図1の詳細図である。

【図3】2つのサンプルの同時処理を示す図1の装置の変形例を示す斜視図である。

【図4】本発明による3つの組み立てられたプラズマ装置を有する工業用機械を略示する平面図である。

【図5】本発明による装置により得られた SiH_4 の原子質量単位 (amu) におけるスペクトルを示す説明図である。

【図6】本発明による装置により得られた SiH_4 の原子質量単位 (amu) におけるスペクトルを示す説明図である。

【図7】本発明による装置を使用する水素化シリコン窒化物堆積に関連して、研究された構造を示す説明図である。

【図8】図7に関連する電気的測定装置を示す説明図である。

【図9】図7の構造の電流-電圧特性を示す説明図である。

【図10】本発明による装置により堆積された水素化アモルファスシリコンフィルムの赤外線トランスミッタンススペクトルを示す説明図である。

【図11】本発明による装置により製造された薄膜トランジスタに関連して、製造されたトランジスタの構造を示す概略図である。

【図12】前記トランジスタのドレイン電流-ドレイン電圧特性を示す特性図である。

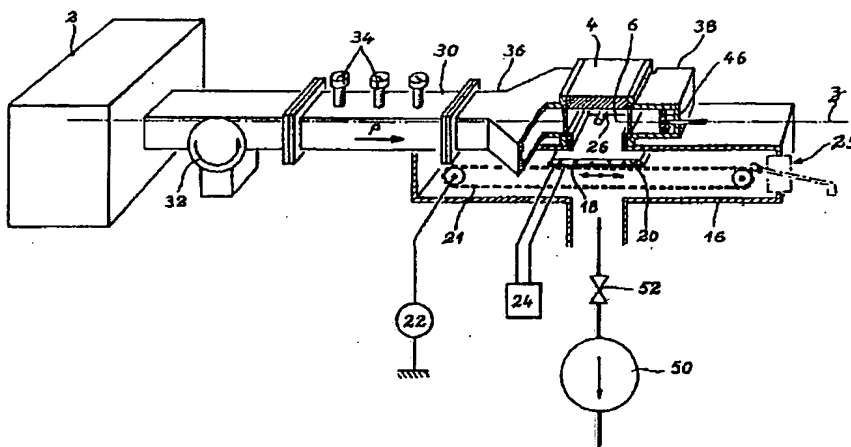
【図13】本発明による装置により製造された薄膜トランジスタに関連して、製造されたトランジスタの構造を示す概略図である。

【図14】前記トランジスタのドレイン電流-ドレイン電圧特性を示す特性図である。

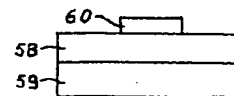
【符号の説明】

- 2 高周波電磁波源
- 4 プラズマエンクロージャ
- 4a プラズマエンクロージャ
- 6 プラズマ室
- 14 矩形開口
- 16 処理エンクロージャ
- 16a 処理エンクロージャ
- 16b 処理エンクロージャ
- 18 サンプルホルダ
- 18a サンプルホルダ
- 18b サンプルホルダ
- 20 サンプル
- 26 管
- 28 孔
- 30 第1導波管
- 36 ホーン
- 38 第2導波管
- 40 クリップ
- 44 O-リング
- 46 短い回路
- 50 真空ポンプ

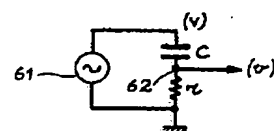
【図1】



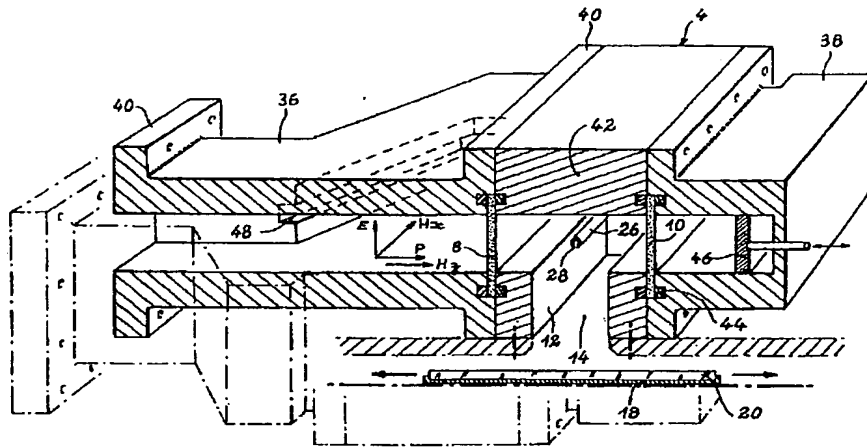
【図7】



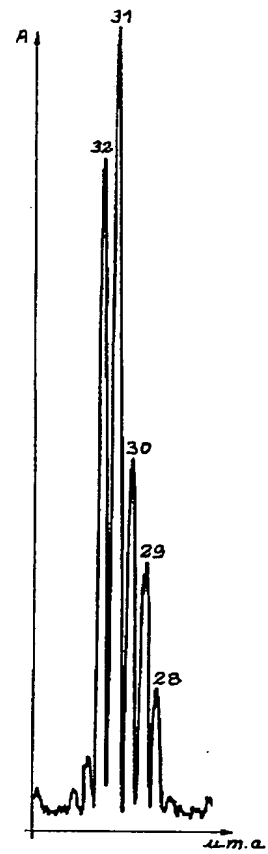
【図8】



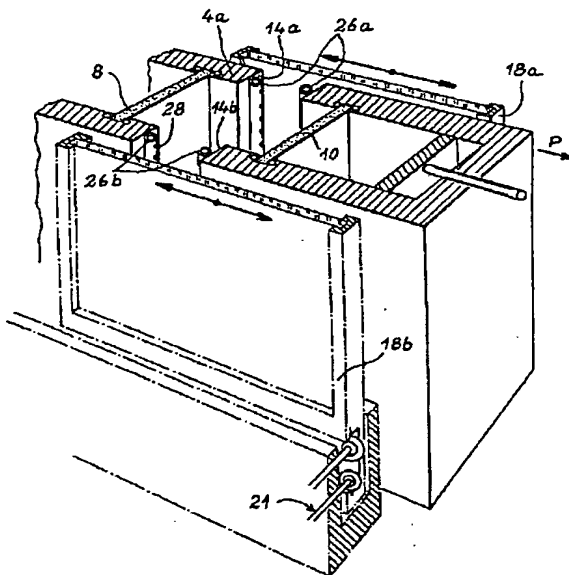
【図2】



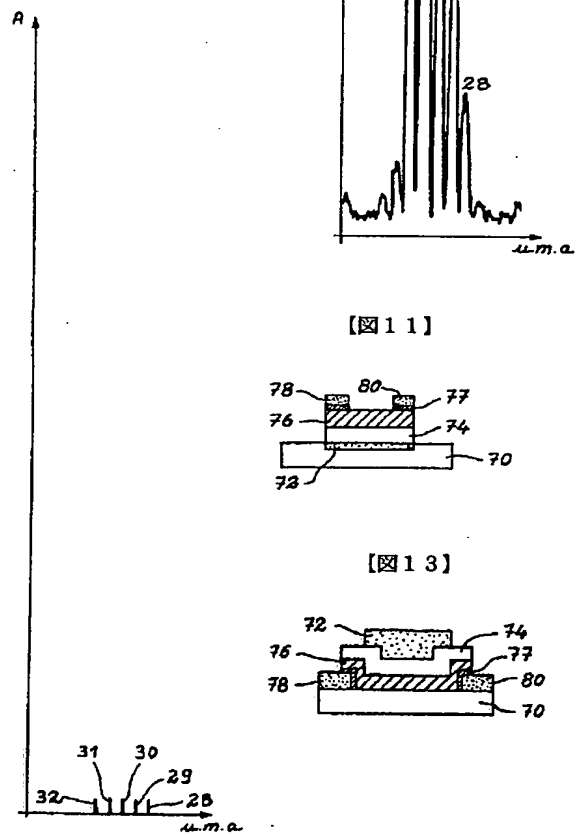
【図5】



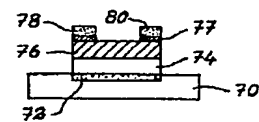
【図3】



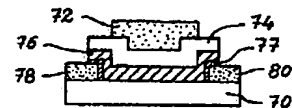
【図6】



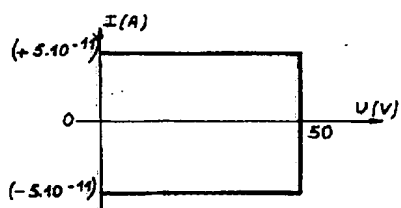
【図11】



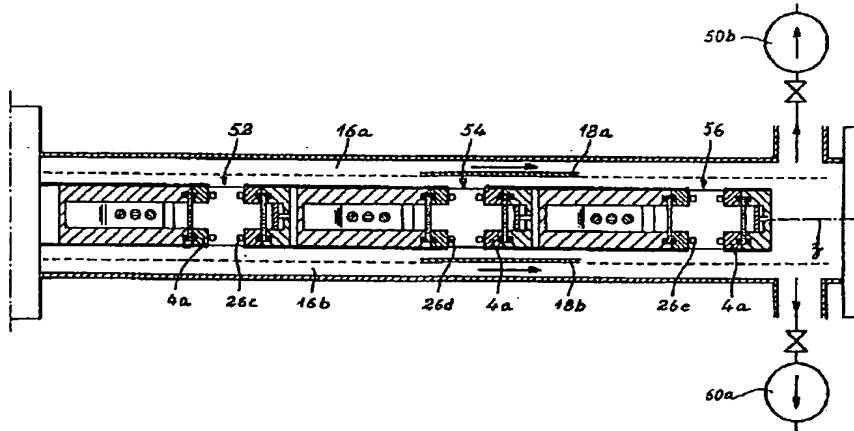
【図13】



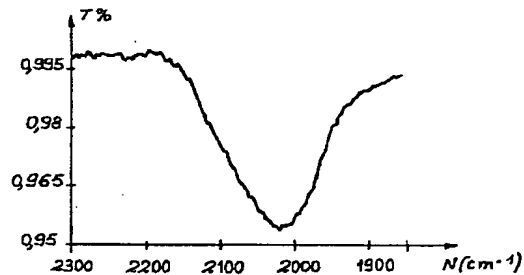
【図9】



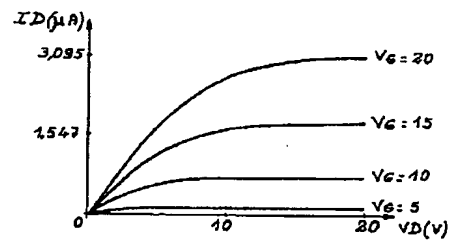
【図4】



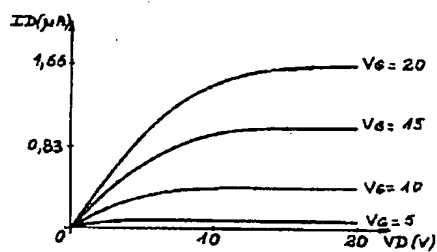
【図10】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ミケル・ル・コンテレ
フランス国 22300 ラニオン、ハモー・
デュ・シェーン 3

(72)発明者 フランソワ・モリン
フランス国 22300 ラニオン、ル・カー
ボン・ランメリン (番地なし)

(72)発明者 サージュ・サダ
フランス国 22300 ラニオン、レジデン
ス・ポーシャン (番地なし)